

3

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-261901

(P2000-261901A)

(43) 公開日 平成12年9月22日 (2000.9.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
B 6 0 L 3/00		B 6 0 L 3/00	S 2 G 0 1 6
G 0 1 R 31/36		G 0 1 R 31/36	A 5 G 0 0 3
			Z 5 H 0 3 0
H 0 1 M 10/48		H 0 1 M 10/48	P 5 H 1 1 5
H 0 2 J 7/00		H 0 2 J 7/00	X

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-61067

(22) 出願日 平成11年3月9日 (1999.3.9)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 辻 匡

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 100084412

弁理士 永井 冬紀

最終頁に続く

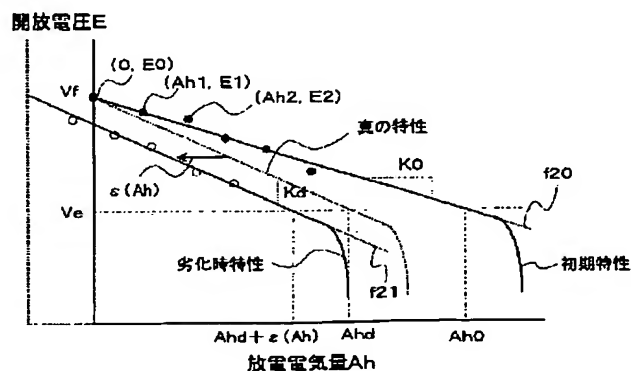
(54) 【発明の名称】 二次電池の電池容量劣化算出方法

(57) 【要約】

【課題】 二次電池の電池容量劣化を精度良く算出することができる電池容量劣化算出方法の提供。

【解決手段】 二次電池の劣化時電池容量と初期電池容量との容量比から電池容量劣化を算出する二次電池の電池容量劣化算出方法において、容量比を電池初期時の開放電圧対放電電流量特性の回帰直線 f_{20} の傾き K_0 と電池劣化時の回帰直線 f_{21} の傾き K_d との比で算出するようにした。そのため、回帰直線 f_{21} の放電電流量に誤差 $\varepsilon (Ah)$ が生じてても回帰直線 f_{20} の傾き K_0 は変化せず、誤差に影響されことなく容量劣化を精度良く算出することができる。特に、ハイブリッド自動車の場合には放電電流量の積算誤差が出やすいので効果的である。

【図 6】



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 二次電池の劣化時電池容量と初期電池容量との容量比から電池容量劣化を算出する二次電池の電池容量劣化算出方法において、

前記容量比を、電池初期時の開放電圧対放電電流量特性の傾きと電池劣化時の開放電圧対放電電流量特性の傾きとの比で算出することを特徴とする二次電池の電池容量劣化算出方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の電池容量劣化算出方法において、

前記開放電圧対放電電流量特性における放電電流量は、放電電流量を車両起動毎にゼロにリセットして各起動時から積算した放電電流量積算値であることを特徴とする二次電池の電池容量劣化算出方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の電池容量劣化算出方法において、

前記二次電池は、原動機の出力および／または電動機の出力で走行駆動力を得るハイブリッド自動車の前記電動機に電力を供給する二次電池であることを特徴とする二次電池の電池容量劣化算出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハイブリッド電気自動車等を含む電気自動車駆動に用いられる二次電池の電池容量劣化算出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 二次電池の電池特性の一つに、パワー対放電電力特性がある。通常、基本となる初期特性 $Wh(P)$ を温度補正係数 α 、電池容量劣化を表す容量劣化補正係数 β および内部抵抗劣化を表す内部抵抗劣化補正係数 γ で補正した基準特性を用いて放電電力量の推定などが行われる。ここで用いられる容量劣化補正係数 β および内部抵抗劣化補正係数 γ の算出方法としては、本発明者が特開平 10-289734 号で提案したものが一例としてあげられる。

【0003】 前記特開平 10-289734 号で提案した容量劣化補正係数 β の算出方法では、初期特性 $Wh(P)$ を内部抵抗劣化補正係数 γ で $Wh(Pn/\gamma)$ と補正し、実放電電力量（積算値） $IWhn$ と $Wh(Pn/\gamma)$ との比を容量劣化補正係数 β_n (n は $n=1, 2, 3, \dots$) として、複数得られた β_n を平均するなどして容量劣化補正係数 β を求めている。ここで、 Pn は実放電電力量 $IWhn$ が得られた時のパワー演算値である。一般的に、容量劣化補正係数 β_n の演算は、比較的精度良く算出することができる放電末期において行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ハイブリッド車（HEV）のように SOC（State of charge）が 30～70% 程度で使用され、容量劣化補正係数 β が算出される放電末期まで使用されない場合には、容

量劣化補正係数 β に関して所望の学習精度が得られないという欠点があった。また、実放電電力 $IWhn$ に積算誤差が生じると、その積算誤差が容量劣化補正係数 β の誤差要因となるという問題もあった。

【0005】 本発明の目的は、二次電池の電池容量劣化を精度良く算出することができる電池容量劣化算出方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 発明の実施の形態を示す図 6 に対応付けて説明する。

（1）請求項 1 の発明は、二次電池の劣化時電池容量と初期電池容量との容量比から電池容量劣化を算出する二次電池の電池容量劣化算出方法に適用され、容量比を、電池初期時の開放電圧対放電電流量特性 f_{20} の傾き K_0 と電池劣化時の開放電圧対放電電流量特性 f_{21} の傾き K_d との比で算出することにより上述の目的を達成する。

（2）請求項 2 の発明では、請求項 1 に記載の電池容量劣化算出方法において、開放電圧対放電電流量特性における放電電流量は、放電電流量を車両起動毎にゼロにリセットして各起動時から積算した放電電流量積算値とした。

（3）請求項 3 の発明では、請求項 1 または請求項 2 に記載の電池容量劣化算出方法において、二次電池は、原動機の出力および／または電動機の出力で走行駆動力を得るハイブリッド自動車の電動機に電力を供給する二次電池であるものとした。

【0007】

【発明の効果】 本発明によれば、電池容量劣化を表す容量比を、電池初期時の開放電圧対放電電流量特性の傾きと電池劣化時の開放電圧対放電電流量特性の傾きとの比で算出するようにしたので、開放電圧対放電電流量特性を求める際の放電電流量に積算誤差が生じた場合でも開放電圧対放電電流量特性の傾きは変化することがなく、放電電流量の誤差に影響されことなく容量劣化を精度良く算出することができる。特に、ハイブリッド自動車駆動用二次電池の場合には放電電流量の積算誤差が出やすいので、効果的である。また、請求項 2 のように、放電電流量を車両起動毎にゼロにリセットして各起動時から積算した放電電流量積算値を用いることによって、開放電圧対放電電流量特性における放電電流量の積算誤差を小さくすることができ、容量劣化をより精度良く算出することができる。

【0008】 なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が発明の実施の形態に限定されるものではない。

【0009】

【発明の実施の形態】 以下、図 1～図 12 を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 はパラレル・ハイブリッド車の構成を示すブロック図である。エンジン 2 の

主軸には電動モータ 3 の回転子が直結されており、エンジン 2 および／またはモータ 3 の駆動力は駆動系 4 を介して車軸 7 に伝達される。パラレル・ハイブリッド車におけるモータ 3 の運転モードには、車軸 7 を駆動する駆動モードと二次電池 6 を充電する発電モードとがある。車両自体の駆動モード時、すなわち加速時、平坦路走行時や登坂時等に、モータ 3 へ電力を供給する二次電池 6 が十分な充電状態にある場合には、モータ 3 を駆動モードで運転してエンジン 2 とモータ 3 の両方の両駆動力により走行する。

【0010】ただし、二次電池 6 の充電状態が低い場合にはモータ 3 を発電モードで運転して、エンジン 2 の駆動力により走行を行うとともにエンジン 2 の駆動力によりモータ 3 の回転子を回転し、モータ 3 による発電を行って二次電池 6 を充電する。インバータ 5 は二次電池 6 からの直流電力を交流電力に変換してモータ 3 に供給するとともに、発電モード時にはモータ 3 からの交流電力を直流電力に変換して二次電池 6 へ供給する。

【0011】一方、車両の制動モード時、すなわち減速時や降坂時などには、駆動系 4 を介した車輪の回転力によってエンジン 2 およびモータ 3 が駆動される。このとき、モータ 3 を発電モードで運転し回生エネルギーを吸収して二次電池 6 を充電する。コントローラ 1 はマイクロコンピュータとその周辺部品から構成され、二次電池 6 の端子電圧値 V を検出する電圧センサ 8、充放電時の電流値 I を検出する電流センサ 9、二次電池 6 の温度 T を検出する温度センサ 10 が接続される。コントローラ 1 の演算部 1a では上述した各センサの検出値に基づいて二次電池 6 の電池状態を演算し、制御部 1b は各検出値および電池状態に基づいてエンジン 2、インバータ 5、モータ 3 を制御する。

【0012】図 2 は二次電池 6 の電池状態を表す特性の一つであるパワー対放電電力特性に関して、その初期特性 $Wh(P)$ の温度補正および劣化補正を説明する図である。図 2 の横軸は出力可能パワー P 、縦軸は放電電力量 Wh を表しており、電池の初期特性 $Wh(P)$ は一般的に出力可能パワー P の n 次式で近似することができる。 $Wh(P/\alpha)$ は初期特性 $Wh(P)$ を温度補正係数 α で温度補正した特性であり、温度補正したものをさらに内部抵抗劣化補正係数 γ で補正したものが $Wh(P/\alpha\gamma)$ であり、この特性 $Wh(P/\alpha\gamma)$ をさらに容量劣化補正係数 β で補正したものが $\beta \cdot Wh(P/\alpha\gamma)$ である。このようにして得られるパワー対放電電力特性 $\beta \cdot Wh(P/\alpha\gamma)$ が電池の基準特性として用いられる。温度補正係数 α は、温度による電池の内部抵抗変化を表すパラメータであり、温度に応じたテーブル参照値の形で与えられる。また、容量劣化補正係数 β および内部抵抗劣化補正係数 γ は以下のようにして算出される。

【0013】以下では、最初に、本発明者が特願平 10-174821 号および特願平 9-298959 号で提

案した β および γ の算出方法を第 1 および第 2 の算出方法として説明し、次いで、それらと対比しながら第 3 および第 4 の算出方法において本発明による電池容量劣化算出方法、すなわち容量劣化補正係数 β の算出方法について説明する。

【0014】—第 1 の算出方法—

まず、内部抵抗劣化補正係数 γ の算出方法について説明する。図 3 は、電池が新品で劣化していない場合、および経時変化により劣化している場合のそれぞれの放電 I V 特性直線を示したものであり、縦軸は放電電圧 V 、横軸は放電電流 I を表している。直線 $f0$ は劣化していない場合の放電 I V 特性直線を示しており、放電中に放電電流 I および放電電圧 V を複数回測定し、得られた複数のデータ $a1 \sim a4$ から一次回帰演算により得られる。一方、直線 $f1$ は、劣化時のデータ $b1 \sim b4$ から一次回帰演算により得られる放電 I V 特性直線である。これらの I V 特性直線の傾きは電池の内部抵抗 R を表しており、 I V 特性直線と放電電圧 V を表す縦軸との交点が電池の推定開放電圧 E を表している。

【0015】すなわち I V 特性直線は次式 (1)

$$\text{【数 1】 } V = E - I R \quad \cdots (1)$$

で表され、特性直線 $f0$ からは電池の初期内部抵抗 $R0$ (電池が新品の時の内部抵抗) が得られ、特性直線 $f1$ からは劣化時内部抵抗 $R1$ が得られる。そして、次式 (2) により内部抵抗劣化補正係数 γ が算出される。

$$\text{【数 2】 } \gamma = R0 / R1 \quad \cdots (2)$$

この γ の算出は、算出誤差を小さく抑えることができる放電初期～中期 (例えば、SOC が 50～100% の間) において行われる。

【0016】なお、放電初期の規定放電量までに内部抵抗を複数算出し、それらの平均値の比を γ として用いても良い。すなわち、電池初期時に得られる内部抵抗を $R01, R02, \dots, R0m$ 、劣化時に得られる内部抵抗を $Rd1, Rd2, \dots, Rdn$ としたとき、次式 (3) のように内部抵抗劣化補正係数 γ を算出する。

$$\text{【数 3】 } R0' = (R01 + R02 + \dots + R0m) / m$$

$$Rd = (Rd1 + Rd2 + \dots + Rdn) / n$$

$$\gamma = R0' / Rd \quad \cdots (3)$$

ここで、 $R0'$ は初期時の内部抵抗平均値であり、 Rd は劣化時の内部抵抗平均値である。

【0017】次に、容量劣化補正係数 β の算出方法について説明する。図 4 において、特性 $Wh(P/\alpha)$ は初期特性 $Wh(P)$ を温度補正係数 α で補正した基準特性である。また、曲線 $L31$ は基準特性 $Wh(P/\alpha)$ を抵抗劣化補正係数 γ で補正した基準特性 $Wh(P/\alpha\gamma)$ を表しており、曲線 $L32$ は基準特性 $Wh(P/\alpha\gamma)$ を容量劣化補正係数 β で補正した真の電池特性 $\beta \cdot Wh(P/\alpha\gamma)$ を表している。

【0018】ここで、放電電力量 Whn のときにパワー Pn が計測され、計測された放電電力量 Whn に誤差 ΔWh がある場合について考える。このとき、真の放電電力量を Wh

n と書くと Wh_n は次式(4)で表され、点G2(Wh_n , P_n)は計測データに基づいて算出される特性曲線L33上にある。

$$\text{【数4】 } Wh_n = Wh + \Delta Wh \quad \dots (4)$$

一方、点G1(Wh_n , P_n)は真の電池特性を表す特性曲線L32上となり、次式(5)を満たしている。

$$\text{【数5】 } Wh_n = \beta \cdot Wh(P_n / \alpha \gamma) \quad \dots (5)$$

$$Wh_n - \Delta Wh = \beta \cdot Wh(P_n / \alpha \gamma) \quad \dots (6)$$

式(6)は、式(5)を計測データ(Wh_n , P_n)を用いて書き表したものである。よって、2つの計測データ(Wh_1 , P_1), (Wh_2 , P_2)に対する連立方程式(7)を解くことにより、容量劣化補正係数 β が算出される。

$$\text{【数6】 } Wh_1 - \Delta Wh = \beta \cdot Wh(P_1 / \alpha \gamma)$$

$$Wh_2 - \Delta Wh = \beta \cdot Wh(P_2 / \alpha \gamma) \quad \dots (7)$$

【0019】このように、連立方程式(7)を解いて容量劣化補正係数 β を算出することにより、放電電力量の計測データ Wh_n に含まれる誤差 ΔWh 、例えば放電電力を積算して求めることによる積算誤差の影響を β から取り除くことができる。しかし、上述した算出方法では、容量劣化補正係数 β は算出誤差が比較的良好な放電中期～末期にかけて算出されるため、ハイブリッド車(HEV)のように使用範囲がSOC=30～70%程度の場合には容量劣化補正係数 β に関して所望の学習精度が得られないという欠点がある。特に、パラレル・ハイブリッド車では内燃エンジンによる走行時にも二次電池の充電が行われることがり、放電中期から末期にかけての β がほとんど得られることが無いためにこのような欠点が顕著に現れる。

【0020】一第2の算出方法一

第2の算出方法では、内部抵抗劣化補正係数 γ については第1の算出方法と同様に求め容量劣化補正係数 β の算出方法のみが異なる。そこで、以下では容量劣化補正係数 β の算出方法についてのみ説明する。図5(a)は放電電力量の異なる二次電池の放電IV特性を示した図である。直線f10は放電電力量Ah=0のとき、すなわちSOC=100%(満充電時)の場合を表しており、直線f11, f12, f13の場合の放電電力量Ahは順にAh1, Ah2, Ah3(ただし、Ah1<Ah2<Ah3)である。すなわち、放電電力量Ahが0→Ah1→Ah2→Ah3と大きくなるにつれてIV特性はf10→f11→f12→f13と変化し、そのときの推定開放電圧もE0→E1→E2→E3と変化する。

【0021】なお、開放電圧としては、充放電IV特性を用いて推定したり、無負荷時の電圧を測定して得られる実際の開放電圧を用いても良い。リチウムイオン電池やニッケル水素電池等の場合には充放電IV特性の直線性が良く、推定開放電圧と実際の開放電圧とが良く一致する。

【0022】図5(b)は放電電力量Ahと開放電圧Eとの関係を示す図であり、リチウムイオン電池の初期電池特性と劣化時特性について示したものである。ところ

で、容量劣化補正係数 β は次式(8)のように二次電池の劣化時電池容量Cdと初期電池容量C0との比で表すことができる。

$$\text{【数7】 } \beta = Cd / C0 \quad \dots (8)$$

ここで、開放電圧が予め定めた放電容量規定電圧 V_e になるまでの放電電力量Ahを二次電池の電池容量Cとすると、電池容量C0, Cdは直線E= V_e と初期特性曲線および劣化時特性曲線との交点における放電電力量で表せる。

【0023】図5(b)において黒丸は電池初期時のデータ(Ah, E)を、白丸は劣化時のデータ(Ah, E)をそれぞれ示しており、f20は初期時データから一次回帰演算により得られる回帰直線で、f21は劣化時データから得られる回帰直線である。なお、一次以上の回帰演算を行えばより電池特性に近い回帰曲線が得られるが、リチウムイオン電池の場合には、開放電圧Eが著しく減少する放電末期(放電電力量Ahが大きい領域)を除いて一次回帰演算により電池特性を精度良く求めることができる。そのため、回帰直線f20, f21と直線E= V_e との交点における放電電力量Ah0, Ahdを電池容量C0, Cdとして用いることができる。

【0024】これらの回帰直線f20, f21は次式(9)によって表される。なお、Kは特性直線の傾き、Vfは特性直線の電圧切片であり、回帰直線f20の傾きはK0、回帰直線f21の傾きはKdである。

$$\text{【数8】 } E = Vf - Ah \cdot K \quad \dots (9)$$

具体的には、回帰直線を得るに十分な放電電力量(通常、放電中期～放電末期)に達したならば、回帰式を外挿して放電容量規定電圧 V_e との交点の放電電力量Ah0, Ahdを電池容量C0, Cdとする。そして、これらの値を式(8)に代入して容量劣化補正係数 β を算出する。

【0025】上述した第2の算出方法は以下のような特徴を有する。

(a) 内部抵抗劣化分と分離して、直接に容量比を求めるので精度が高い。

(b) 図5(b)に示すように、開放電圧Eの将来的な変化を回帰演算により推定して放電容量Cを推定しているので精度が高い。しかし、上述した放電電力量Ah0, Ahdは積算によって求めるため積算誤差 ϵ (Ah)が生じやすく、劣化時特性(計測データに基づく特性)は図6に示すように積算誤差 ϵ (Ah)の分だけ横軸方向にずれてしまうことになる。なお、図6では「 ϵ (Ah)<0」であって、特性曲線はマイナス方向にずれている。このときの劣化時電池容量Cd1は式(10)で表され、容量劣化補正係数 $\beta 1$ は式(11)のように真の値 β に対して誤差が生じてしまうという問題がある。

【数9】

$$Cd1 = Ahd + \epsilon(Ah)$$

$$= Cd + \epsilon(Ah) \quad \dots (10)$$

$$\beta 1 = Cd1 / C0$$

$$= \beta + \varepsilon(Ah) / C0 \quad \cdots (11)$$

【0026】-第3の算出方法-

上述した第2の算出方法では、式(11)のように容量劣化補正係数 β が積算誤差 $\varepsilon(Ah)$ の影響を受けてしまったが、以下に述べる第3の算出方法では、回帰直線から得られる電池容量 $C0$ 、 Cd を用いずに容量劣化補正係数 β を算出することにより、積算誤差 $\varepsilon(Ah)$ の影響を除去するようにした。なお、抵抗劣化補正係数 γ については第1の算出方法と同じなので説明を省略し、また、図6に示すような回帰直線を求める段階までは第2の算出

方法と同様である。

【0027】上述した図5(b)に示した回帰直線 $f21$ は放電電気量 Ah に積算誤差が無い場合を示しており、回帰直線 $f20$ 、 $f21$ の電圧切片は等しくなる。このとき、電池容量 $C0$ 、 Cd は、次式(12)、(13)で表される。

$$【数10】 C0 = (Vf - Ve) / K0 \quad \cdots (12)$$

$$Cd = (Vf - Ve) / Kd \quad \cdots (13)$$

これらの放電容量 $C0$ 、 Cd を用いると、容量劣化補正係数 β は式(14)に示すように $K0$ と Kd との比、すなわち、回帰直線の傾きの比で表すことができる。放電電気量 Ah に含まれる積算誤差 $\varepsilon(Ah)$ によって劣化時の特性曲線が図6のように横軸方向にずれても傾き Kd は変化しないので、式(14)で算出される容量劣化補正係数 β は積算誤差 $\varepsilon(Ah)$ の影響を受けないことが分かる。

【数11】

$$\beta = Cd / C0$$

$$= K0 / Kd \quad \cdots (14)$$

【0028】-第4の算出方法-

上述した第3の算出方法では、回帰直線の傾き $K0$ 、 Kd を求める際に、放電電気量 Ah として絶対値(積算された値そのもの)を用いた。しかし、積算誤差 $\varepsilon(Ah)$ は常に一定とは限らないので、データのばらつきにより回帰直線が求め難くなったり、真の特性と回帰直線とのズレが大きくなるおそれがある。そこで、以下に述べる第4の算出方法では、放電電気量 Ah の代わりに車両起動時を基準とした放電電気量積算値 ΔAh を用いて回帰直線の傾き $K0$ 、 Kd を算出する。すなわち、車両起動時毎に放電電気量の積算値をゼロにリセットして、放電電気量を車両起動時から積算するようにした。そのため、放電電気量積算値 ΔAh に含まれる積算誤差($\Delta \varepsilon(Ah)$ と記す)の大きさ $|\Delta \varepsilon(Ah)|$ は $|\varepsilon(Ah)|$ より小さくなる。その結果、データのバラツキが小さくなって回帰直線が求め易くなるとともに、回帰直線がより真の特性に近いものとなる。なお、 $|\varepsilon(Ah)|$ は $\varepsilon(Ah)$ の絶対値を表す。

【0029】次に、容量劣化補正係数 β の演算手順を図7のフローチャートを参照して説明する。このフローチャートは車両起動(例えば、車両電源オン)によりスタートし、ステップS1へ進む。ステップS1では、車両電源オンの時に放電電気量積算値 ΔAh を $\Delta Ah = 0$ にリセ

ットし、その後に放電電気量積算値 ΔAh の積算を開始する。なお、以下では起動時の放電電気量積算値を $\Delta Ah(0)$ ($=0$)と記し、データサンプリング時の積算値 ΔAh を $\Delta Ah(j)$ と書くことにする。なお、 j はサンプリングデータを識別するための符号であり、 $j=0, 1, 2, 3, \dots$ の値をとる。次いで、ステップS2において $j=1$ とした後に、ステップS3へ進む。

【0030】続くステップS3～ステップS9は、回帰演算に必要なデータ(放電電気量積算値 $\Delta Ah(j)$ 、開放電圧 $E(j)$)をサンプリングするステップである。まず、ステップS3において $\Delta Ah(j)$ が $|\Delta Ah(j) - \Delta Ah(j-1)| \geq \delta Ah$ であるか否か、すなわち放電電気量積算値 ΔAh が規定値 δAh だけ変化(増加・減少)したか否かを判断し、 $|\Delta Ah(j) - \Delta Ah(j-1)| < \delta Ah$ の間はステップS3を繰り返し実行し、 $|\Delta Ah(j) - \Delta Ah(j-1)| \geq \delta Ah$ となったならばステップS4へ進む。なお、 δAh はデータサンプリング間隔を規定する放電電気量である。

【0031】ステップS4では、開放電圧 $E(j)$ を次の何れかの方法で求める。

- (a) 無負荷時に実測して得られる開放電圧 Ea
- (b) 充放電時にサンプリングされた電流値および電圧値から得られるI-V特性により、すなわちパワー演算(放電I-V外挿)により推定される開放電圧 Eb
- (c) 充放電時の電流値および総電圧値に基づいて推定される開放電圧 Ec

なお、各開放電圧 Eb 、 Ec の算出方法の詳細は後述する。

【0032】ステップS5はステップS4で得られた開放電圧 $E(j)$ が規定値 $Emin$ 以下であるか否かを判断し、YESならばステップS3へ戻り、NOならばステップS6へ進む。放電電気量 Ah と開放電圧 E との関係を表す特性曲線は図8に示すような形状となり、放電初期～中期ではほぼ直線で表されるが、放電電気量 Ah の大きな放電末期ではリニアな関係が崩れてしまう。そして、サンプリングデータに放電末期のノンリニア領域のデータが含まれると良好な回帰演算が行えないので、ステップS5では図8のノンリニア領域のデータ(開放電圧 E が $E \leq Emin$ であるデータ)を除くようにしている。

【0033】ステップS5において開放電圧 $E(j)$ が $Emin$ より大きい場合には、ステップS6に進んでデータ($\Delta Ah(j)$ 、 $E(j)$)を記憶する。続くステップS7は放電電気量積算値 $\Delta Ah(j)$ の大きさ $|\Delta Ah(j)|$ が規定値 $\Delta Ah0$ 以上となったか否かを判断するステップであり、YESならばステップS9へ進み、NOならばステップS8へ進んで j を1だけ増加させた後にステップS3へ戻る。ステップS9は蓄積データ個数 j が既定値 N 以上となったか否かを判断するステップであり、個数 j が N より小さい場合にはステップS8へ進んで j を1だけ増加させた後にステップS3へ戻り、 N 以上となったならばステップS10へ進んで一次回帰演算を行い回帰直線を算出する。図9はデータ($\Delta Ah(j)$ 、 $E(j)$)とそのデータから

回帰演算により得られる回帰直線を示す図であり、縦軸は開放電圧 E 、横軸は起動時にゼロリセットした後に得られる放電電力量積算値 ΔAh である。放電電力量積算値 $\Delta Ah(j)$ は起動時が基準となっているため、正負の両方の値をとる。

【0034】ステップS11は回帰演算における相関係数が95%以上か否かを判断するステップであり、YESならばステップS12へ進んで傾き Kd を算出し、NOならばステップS2へ戻ってデータサンプリングからやり直す。ステップS13では、ステップS12で算出された傾き Kd と予め記憶されている初期データ $K0$ を用いて容量劣化補正係数 $\beta = K0/Kd$ を算出する。図10は、初期時の回帰直線（傾き $K0$ ）と劣化時の回帰直線（傾き Kd ）を示す図である。ステップS14では、ステップS13で算出された容量劣化補正係数 β と記憶されている過去のデータ β とを用いて平均処理（例えば、加重平均処理）を行い、一連の処理を終了する。なお、図7に示したフローチャートでは容量劣化補正係数 β の算出は起動時に1回しか行われれないが、所定放電電流毎に β を算出するようにしても良い。

【0035】次に、上述した開放電圧 Eb および Ec の算出方法について説明する。まず、(b)のパワー演算による

$$Ec = (\text{総電圧}) + (\text{電流}) \times (\text{温度} \cdot \text{劣化補正された内部抵抗}) \quad \cdots (15)$$

充放電時の二次電池の電流値を I 、電圧値を V 、補正された内部抵抗を R で表すと、上述した式(15)は次式(16)のように表される。

$$\text{【数13】 } Ec = V + I \times R \quad \cdots (16)$$

ただし、 R は、内部抵抗初期値 $R0$ 、温度補正係数 α 、内部抵抗劣化補正係数 γ を用いて式(17)のように表される。

$$\text{【数14】 } R = R0 / (\alpha \times \gamma) \quad \cdots (17)$$

【0037】上述した第4の算出方法では、回帰演算を行う際のデータとして（放電電力量積算値 $\Delta Ah(j)$ 、開放電圧 $E(j)$ ）を使用した。放電電力量積算値 $\Delta Ah(j)$ の代わりにその絶対値 $|\Delta Ah(j)|$ を用い、 $E(j)$ の代わりに起動時の開放電圧 Es を基準とした電圧 $|\Delta E|$ を用いるようにしても良い。電圧 $|\Delta E|$ は次式(18)のように表せる。

$$\text{【数15】 } |\Delta E| = E(j) - Es \quad \cdots (18)$$

ただし、 $E(j)$ は「 $E(j) \leq Emin$ 」を満たすもののみを採用する。図12は、このときのデータ（ $|\Delta Ah(j)|$ 、 $|\Delta E|$ ）の分布の様子および回帰直線を示す図であり、図9では ΔAh の負領域にもデータが分布していたが、図12では ΔAh が正負に拘わらず同一領域（ $|\Delta Ah(j)|$ 軸の正領域）に分布する。

【0038】上述したように、第3の算出方法によれば、開放電圧 E および積算された放電電力量 Ah で構成される複数のデータに基づき回帰演算を行い、回帰直線の傾きの比 $K0/Kd$ により容量劣化補正係数 β を算出するようにしたので、容量劣化補正係数 β に対する放電電氣

推定開放電圧 Eb の算出方法について図11を用いて説明する。最初に、充放電時の電流変化を捉えて電流値 I および電圧値 V をサンプリングする。図11の×印はサンプリングデータを $I-V$ 座標上に示したものであり、これらのサンプリングデータに基づいて $I-V$ 特性を一次回帰演算して特性直線 L を求める。この直線 L と縦軸（電圧）との交点の値が推定開放電圧 Eb である。なお、直線 L と放電下限電圧（車両システムとしての使用下限電圧） $Vmin$ との交点から、そのときの二次電池の最大出力 $Pmax = Vmin \times Imax$ がパワー演算値 P として算出される。また、直線 L の傾きから二次電池の内部抵抗 R を算出することができる。ただし、 $Imax$ は直線 L において電圧が放電下限電圧 $Vmin$ となるとき値であり、放電下限電圧 $Vmin$ は以下の(1)、(2)の要因から決定される。

(1) 電池の寿命を考慮した使用電圧範囲の下限電圧（放電終止電圧）

(2) 車両搭載ユニットの性能、機能を保証可能な使用電圧範囲の下限電圧

【0036】一方、(c)の推定開放電圧 Ec は次式(15)のように表される。

【数12】

劣化補正された内部抵抗) $\cdots (15)$

量 Ah の誤差の影響を小さくすることができる。特に、ハイブリッド電気自動車(HEV)のように積算誤差の生じやすい場合には有効である。さらに、第4の算出方法によれば、起動時に放電電氣量をゼロにリセットし、起動時を基準に積算された放電電氣量積算値 ΔAh を用いるようにしたので、積算誤差の影響をほとんど除去することができる。

【0039】上述した実施の形態と特許請求の範囲の要素との対応において回帰直線f20、f21は開放電圧対放電電氣量特性を構成する。

【図面の簡単な説明】

【図1】パラレル・ハイブリッド車の構成を示すブロック図。

【図2】初期特性 $Wh(P)$ の補正係数 α 、 β 、 γ による補正を説明する図。

【図3】放電 $I-V$ 特性を示す図。

【図4】容量劣化補正係数 β の算出方法を説明する図。

【図5】第2の算出方法を説明する図であり、(a)は放電電氣量の異なる放電 $I-V$ 特性を示す図、(b)は二次電池の放電電氣量 Ah と開放電圧 E との関係を示す図。

【図6】放電電氣量 Ah に誤差 $\epsilon(Ah)$ があるときの劣化時特性を示す図。

【図7】容量劣化補正係数 β の算出手順を説明するためのフローチャート。

【図8】放電電氣量 Ah と開放電圧 E との関係を示す図。

【図9】データ($\Delta Ah(j)$ 、 $E(j)$)そのデータから回帰演算して得られる回帰直線を示す図。

【図10】初期時の回帰直線と劣化時の回帰直線を示す図。

【図11】推定開放電圧 E_b の算出方法を説明する図。

【図12】データ ($|\Delta Ah(j)|$, $|\Delta E|$) の分布の様子および回帰直線を示す図。

【符号の説明】

6 二次電池

f 20, f 21 回帰直線

α 温度補正係数

β 容量劣化補正係数

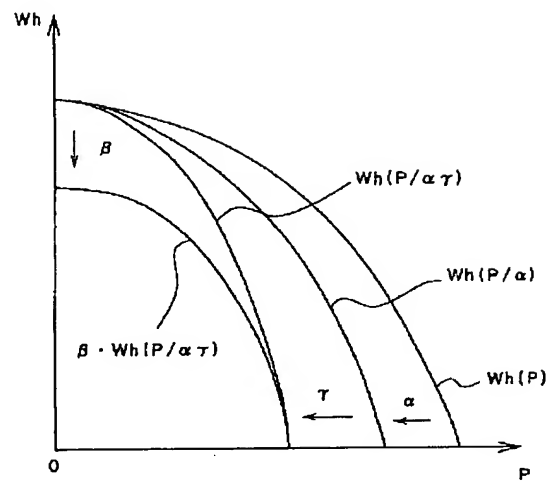
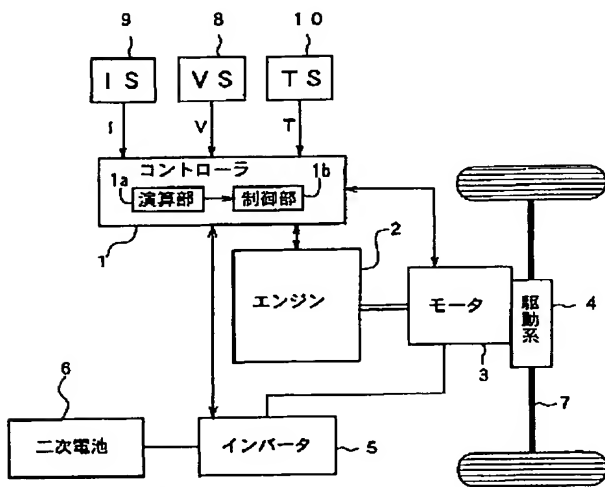
γ 内部抵抗劣化補正係数

【図1】

【図2】

【図1】

【図2】



【図12】

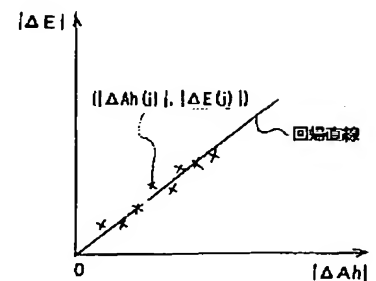
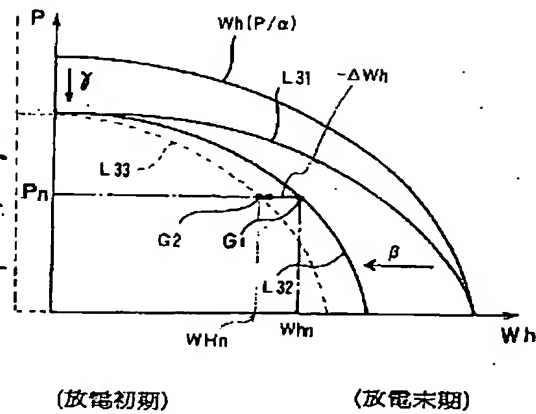
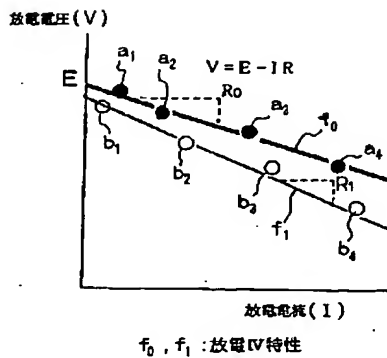
【図3】

【図4】

【図12】

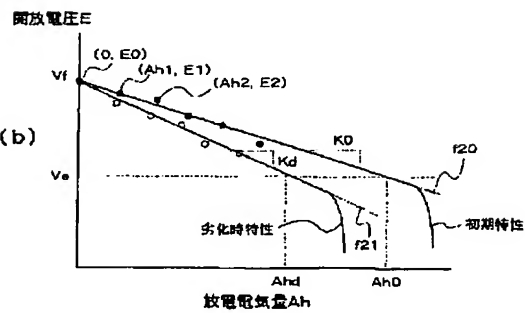
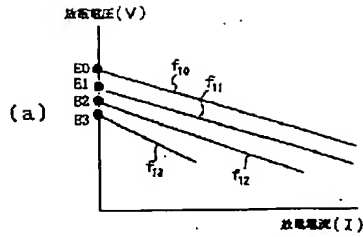
【図3】

【図4】



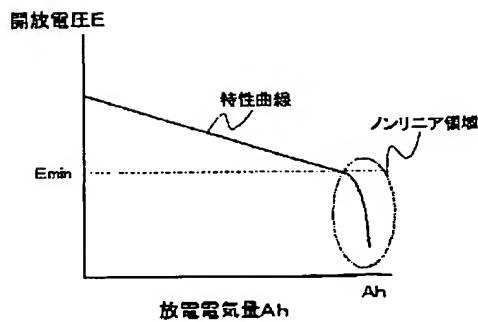
【図 5】

【図 5】



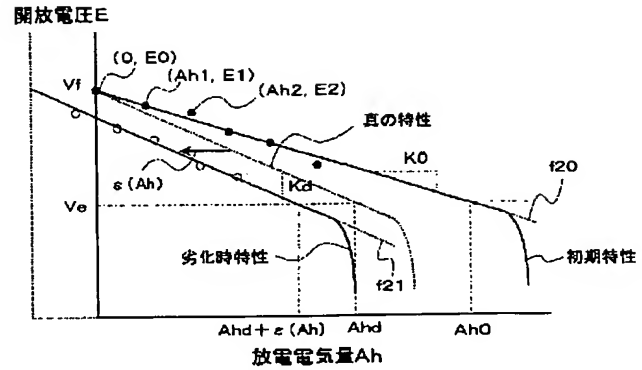
【図 8】

【図 8】



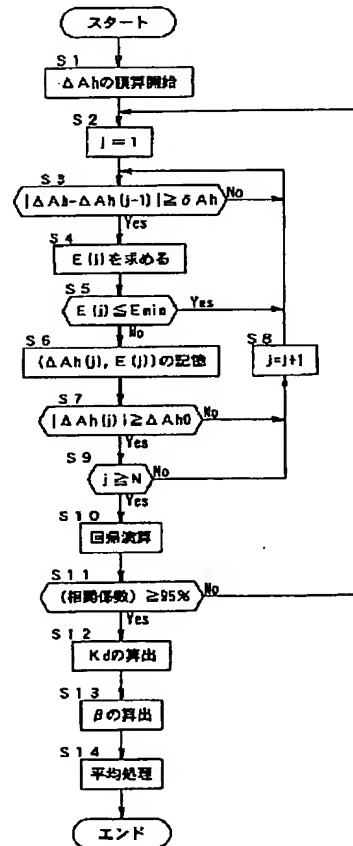
【図 6】

【図 6】



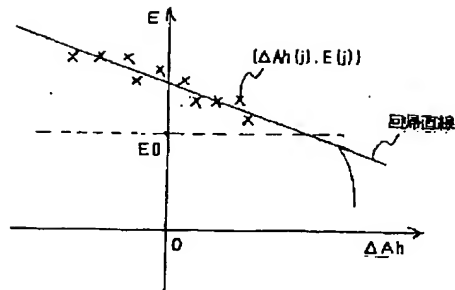
【図 7】

【図 7】



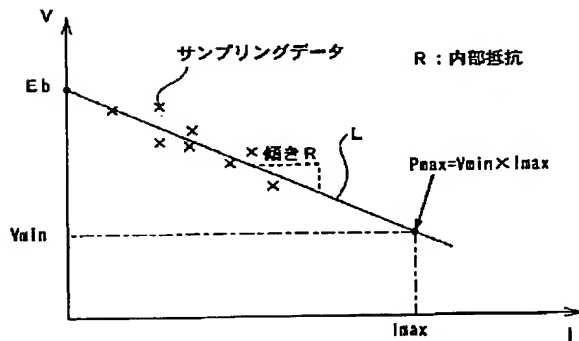
【図9】

【図9】



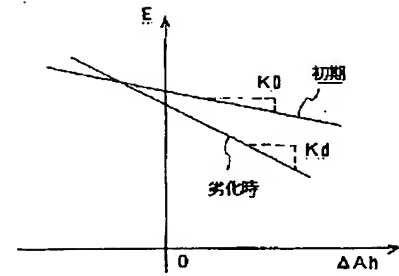
【図11】

【図11】



【図10】

【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H02J 7/00

識別記号

FI

H02J 7/00

テーマコード(参考)

Y

Fターム(参考) 2G016 CA03 CB05 CB06 CB11 CB12
 CB13 CB21 CB22 CC01 CC03
 CC04 CC07 CC27 CC28
 5G003 AA07 BA01 DA07 EA05 FA06
 GB06 GC05
 5H030 AA08 AS08 FF42 FF44 FF52
 5H115 PC06 PG04 PI16 PI24 PI29
 PO02 PU08 PU23 PU25 PV09
 QN03 TI05 TI06 TI09 TI10
 TO05